

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

Offenlegungsschrift

⑯ DE 43 27 539 A 1

⑯ Int. Cl. 6:

G 01 M 1/10

G 01 L 3/10

G 05 D 17/02

G 01 B 21/22

⑯ Anmelder:

Hofmann Maschinenbau GmbH, 64319 Pfungstadt,
DE

⑯ Vertreter:

Pfenning, J., Dipl.-Ing., 10707 Berlin; Meinig, K.,
Dipl.-Phys., 80336 München; Butenschön, A.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte; Bergmann, J.,
Dipl.-Ing., Pat.- u. Rechtsanw., 10707 Berlin; Nöth, H.,
Dipl.-Phys., 80336 München; Hengelhaupt, J.,
Dipl.-Ing., 01097 Dresden; Kraus, H., Dipl.-Phys.;
Reitzle, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte,
80336 München

⑯ Erfinder:

Blachucik, Herbert, 38239 Salzgitter, DE; Hund,
Manfred, 31171 Nordstemmen, DE

⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Trägheitsmoments eines Rotors, bezogen auf seine Rotationsachse

⑯ Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung des Trägheitsmoments eines Rotors, bezogen auf seine Rotationsachse, bei dem der Rotor für eine Drehschwingung um seine Rotationsachse angetrieben wird und ein Rückstellmoment erzeugt wird, wobei in verschiedenen Maßläufen unterschiedliche Winkelrichtgrößen zum Einsatz gebracht werden und die sich dabei ergebenden zugehörigen Frequenzen bestimmt werden und hieraus das Trägheitsmoment des Rotors ermittelt wird.

BEST AVAILABLE COPY

DE 43 27 539 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 94 408 068/96

6/32

DE 43 27 539 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 2.

In den Bereichen der Technik, in denen Antriebskräfte mittels sich drehender Maschinenelemente übertragen werden, ist die Kenntnis der Trägheitsmomente der eingesetzten Rotore in Bezug auf ihre Drehachsen von Bedeutung. Ferner, wenn Rotore, beispielsweise als Schwungmassen für den Antrieb oder als Last in Meßvorrichtungen zum Einsatz kommen, wie beispielsweise bei Abgasprüfständen, ist ebenfalls die Kenntnis des Trägheitsmoments der jeweiligen als Schwungmassen wirkenden Rotore, die in beliebigen Kombinationen miteinander gekoppelt werden können, erforderlich.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Trägheitsmasse eines Rotors, bezogen auf seine Drehachse, zu schaffen.

Diese Aufgabe wird beim Verfahren der eingangs genannten Art erfundungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 und bei der Vorrichtung der eingangs genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 2 gelöst.

Bei der Erfindung wird der Rotor in mehreren Meßläufen in Drehschwingungen um seine Drehachse versetzt. Als Antrieb kommt hierbei ein Elektromotor zum Einsatz, der in Momentregelung betrieben werden kann. Auf diese Weise läßt sich ein Rückstelldrehmoment erzeugen, das der Auslenkung bzw. dem Drehwinkel zu jeder Zeit proportional, jedoch entgegengerichtet ist. Hierbei entspricht eine Winkelrichtgröße, die sich aus dem auslenkenden Drehmoment und dem Auslenkwinkel bestimmen läßt, einer Federkonstanten bei einer linearen Federschwingung. Die Winkelrichtgröße (Winkelrichtmoment) $D = M/a$, wobei M das Drehmoment ist, das die Auslenkung (Drehwinkel α) verursacht.

Während jedes Meßlaufs kommt eine unterschiedliche Winkelrichtgröße zur Anwendung. Dies kann dadurch geschehen, daß durch das Drehmoment die Winkelrichtgröße, welche die Auslenkung verursacht, geändert wird. In jedem Meßlauf mit entsprechend eingesetzter Richtgröße wird die Frequenz der Drehschwingung gemessen.

Durch die Differenzbildung von mindestens zwei zur Anwendung gekommenen Winkelrichtgrößen und durch Differenzbildung der zugeordneten Frequenzen der Drehschwingungen in diesen beiden Meßläufen werden Lagerkräfte (Reibungsverluste), welche während der Messungen zur Auswirkung kommen, kompensiert und gehen in das ausgewertete Ergebnis bei der Bestimmung des Trägheitsmomentes nicht ein. Es können mehr als zwei Meßläufe durchgeführt werden und aus diesen mehrere Kombinationen von bei jeweils zwei Meßläufen gewonnenen Meßwerten zur Differenzbildung verwendet werden.

Zur Ermittlung des Ist-Drehmoments ist mit dem Drehantrieb eine Drehmomentmeßeinrichtung gekoppelt. Diese kann aus einem zwischen dem Drehantrieb und den Rotor geschalteten Verformungskörper (Drehstab), der mit Meßwandlern, beispielsweise Dehnungsmeßstreifen, belegt ist, bestehen. Die Drehmomentmeßeinrichtung kann jedoch auch gebildet sein durch einen mit dem Gehäuse des Antriebsmotors starr verbundener Meßbalken, der sich über einen Kraftmeßgeber abstützt.

In bevorzugter Weise kann für die Durchführung der Meßläufe der Rotor auf die Meßspindel einer Aus-

wuchtmashine aufgespannt werden. Der Elektromotor bzw. der Antriebsmotor der Auswuchtmashine, dient dann auch als Drehantrieb zur Erzeugung der Drehschwingung. Hierzu ist der Antriebsmotor der Auswuchtmashine so ausgestaltet, daß er zusätzlich in Momentregelung betrieben werden kann. Hieraus ergibt sich der Vorteil, daß der Rotor nur einmal auf die Meßspindel zentriert aufgespannt werden muß, um sowohl die Unwuchtmessung als auch die Messung des Trägheitsmoments, bezogen auf die Drehachse, durchzuführen.

Anhand der Figuren wird an einem Ausführungsbeispiel die Erfindung noch näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Bestimmung des Trägheitsmoments eines Rotors, bezogen auf seine Rotationsachse, als Ausführungsbeispiel; und

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel für eine Drehmomentmeßeinrichtung zur Bestimmung des Ist-Drehmoments.

Die in der Fig. 1 schematisch dargestellte Vorrichtung besitzt einen Drehantrieb 2 für die Erzeugung einer Drehschwingung. Diese Drehschwingung wird über eine Meßspindel 14, auf welcher ein Rotor 1 (Prüfling) zentrisch aufgespannt ist, übertragen. Der Drehantrieb 2 ist so ausgebildet, daß er in Momentregelung betrieben werden kann. Beispielsweise ist der Drehantrieb 2 als Gleichstrommaschine ausgebildet. Mit dem Drehantrieb 2 sind ein Drehwinkelgeber 9 für den Drehwinkel α (Auslenkung der Drehschwingung) sowie ein Drehmomentgeber 3 für das erzeugte Ist-Drehmoment M_{dist} vorgesehen. Ein Ausführungsbeispiel des Drehmomentgebers 3 ist in Fig. 2 dargestellt und wird im einzelnen noch erläutert.

Die Ausgangssignale des Drehwinkelgebers 9 und des Drehmomentgebers 3 werden einem Rechner 5 zugeleitet. Für die Durchführung der verschiedenen Meßläufe werden unterschiedliche Soll-Drehmomente M_{dsoll} , welche die Auslenkung (Drehwinkel α) der Drehschwingung erzeugen, verwendet. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel wird für die mehreren durchzuführenden Meßläufe der Drehwinkel α gleich groß gehalten. Die Drehschwingung wird durch ein Rückstelldrehmoment bewirkt, das der Auslenkung (Drehwinkel α) zu jeder Zeit proportional, aber entgegengerichtet ist. Der Federkonstanten, welche bei der linearen Federschwingung die Richtgröße ist, entspricht bei der Drehschwingung die Winkelrichtgröße D , die sich aus dem auslenkenden Drehmoment und der Auslenkung (Drehwinkel α) bestimmen läßt.

Dementsprechend wird bei verschiedenen Meßläufen der Drehantrieb 2 mit entsprechenden Rückstelldrehmomenten M_{dsoll} beaufschlagt, welche der Auslenkung (Drehwinkel α) zu jeder Zeit proportional, aber entgegengerichtet ist.

Aus den Istsignalen des Drehwinkelgebers 9 und des Drehmomentgebers 3 wird die Frequenz der Drehschwingung in einer, beispielsweise an den Rechner 5 angeschlossenen Frequenzbestimmungseinrichtung 6 bestimmt. Die Frequenzbestimmungseinrichtung 6 ermittelt die zu den jeweiligen unterschiedlichen Rückstelldrehmomenten bzw. Winkelrichtgrößen in den verschiedenen Meßläufen auftretenden Frequenzen. Die in den verschiedenen Meßläufen sich ergebenden Winkelrichtgrößen D_1, D_2, \dots und zugehörigen Frequenzen f_1, f_2, \dots werden einer Auswerteeinrichtung 8 zugeleitet.

In der Auswerteeinrichtung 8 wird die Differenz aus zwei Winkelrichtgrößen ($D_i - D_j$), welche bei zwei Meßläufen zur Anwendung gekommen sind, gebildet. Ferner wird die Differenz aus den Quadraten der zuge-

höriegen Frequenzen ($f_i^2 - f_j^2$) der bei den beiden Meßläufen ermittelten Frequenzen gebildet. Zur Bestimmung des Trägheitsmoments J des die Drehschwingung ausführenden Rotors 1, bezogen auf seine durch die Meßspindel 14 bestimmte Drehachse, führt die Auswerteeinrichtung 8 eine Bestimmung nach folgender Formel durch:

$$J = \frac{D_i - D_j}{4 \pi^2 (f_i^2 - f_j^2)}$$

Zur Bestimmung des Ist-Drehmoments M_{disd} kann die Drehmomentmeßeinrichtung 3 so ausgebildet sein, wie es in Fig. 2 dargestellt ist. Diese Ausführungsform eines Drehmomentgebers besitzt einen Drehmomenthebel 11, der starr mit einem Gehäuse 10 des Drehantriebs 2 verbunden ist. Der Drehantrieb 2 ist in bevorzugter Weise als Gleichstrommaschine ausgebildet. Diese wird für die Durchführung der Meßläufe mit unterschiedlichen Drehmomentvorgaben zur Erzeugung der unterschiedlichen Winkelrichtgrößen (Analogon zu Federkonstanten) in Momentregelung betrieben. Die Momentregelung wird in der Weise zum Einsatz gebracht, daß wie bei der linearen Federschwingung eine Feder nachgebildet wird.

Der Drehmomenthebel 11 ist beidseitig über Anschläge 15, 16 gestützt. Die sich auswirkenden Drehmomente werden über den Drehmomenthebel 11 auf einen mit Dehnungsmeßstreifen versehenen Biegestab 12 übertragen, und die zu Brücken verschalteten Dehnungsmeßstreifen geben entsprechende Kraftwandler-Signale ab. Diese werden einem Meßverstärker 13 zugeleitet, dessen Verstärkungsgrad entsprechend den geometrischen Abmessungen der Meßanordnung eingestellt ist. Der Meßverstärker 13 liefert für den Rechner 5 das ermittelte Ist-Drehmoment.

Die Drehmomentabtastung kann auch zwischen den Drehantrieb 2 und die Meßspindel 14 geschaltet sein. Beispielsweise kann anstelle der in der Fig. 2 dargestellten Meßanordnung ein mit Dehnungsmeßstreifen versohner Torsionsstab zur Bestimmung des Ist-Drehmoments zum Einsatz kommen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Trägheitsmoments eines Rotors auf seine Rotationsachse, bei dem der Rotor für eine Drehschwingung um seine Rotationsachse angetrieben und ein Rückstelldrehmoment erzeugt wird und bei dem aus der Frequenz der Drehschwingung und einer aus dem Rückstelldrehmoment und dem Drehwinkel (Auslenkung) sich ergebenden Winkelrichtgröße das Trägheitsmoment des Rotors bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor mit einer Meßspindel, die zur Bildung seiner Rotationsachse in Lagern drehbar gelagert wird, zentriert drehfest verbunden wird, daß wenigstens zwei Meßläufe mit unterschiedlicher Winkelrichtgröße durchgeführt werden und im jeweiligen Meßlauf die sich daraus ergebende Frequenz der Drehschwingung ermittelt wird und daß aus der Differenz zweier Winkelrichtgrößen und der Differenz der zugehörigen Frequenzen das Trägheitsmoment des Rotors um

die Rotationsachse bestimmt wird.

2. Vorrichtung zur Bestimmung des Trägheitsmoments eines Rotors, bezogen auf seine Rotationsachse mit einem Antrieb für eine Drehschwingung des Rotors um seine Rotationsachse, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehantrieb (2) mit einer Drehmomentmeßeinrichtung (3) gekoppelt ist, daß die Drehmomentmeßeinrichtung (3) Bestandteil eines Drehmomentregelkreises (3-5) ist, daß an den Drehmomentregelkreis (3-5) eine Frequenzmeßeinrichtung (6) zur Messung der Frequenz der Drehschwingung angeschlossen ist, daß an den Drehmomentregelkreis (3-5) ferner eine Winkelrichtgröße-Bestimmungseinrichtung (7) angeschlossen ist, welche aus dem Drehmomentsollwert und dem Auslenkwinkel der Drehschwingung die entsprechende Winkelrichtgröße bestimmt und daß die Winkelrichtgröße-Bestimmungseinrichtung (7) und die Frequenzmeßeinrichtung (6) an eine Auswerteeinrichtung (8) angeschlossen sind, welche aus der Differenz zweier unterschiedlicher, bei den Meßläufen bestimmten Winkelrichtgrößen und der Differenz zweier zugehöriger Frequenzen der Drehschwingungen das Trägheitsmoment des Rotors, bezogen auf die Rotationsachse, bestimmt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehmomentmeßeinrichtung (3) in bekannter Weise eine mit dem Motorgehäuse (10) starr verbundenen Meßbalken (11) aufweist, der mit einem Kraftmeßgeber (12) verbunden ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehantrieb (2) ein Elektromotor ist, der in Momentregelung betreibbar ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehantrieb (2) eine Gleichstrommaschine ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehantrieb (2) ein Antriebsmotor für eine Auswuchtmaschine ist und daß der Motor auf die Meßspindel der Auswuchtmaschine aufgespannt ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

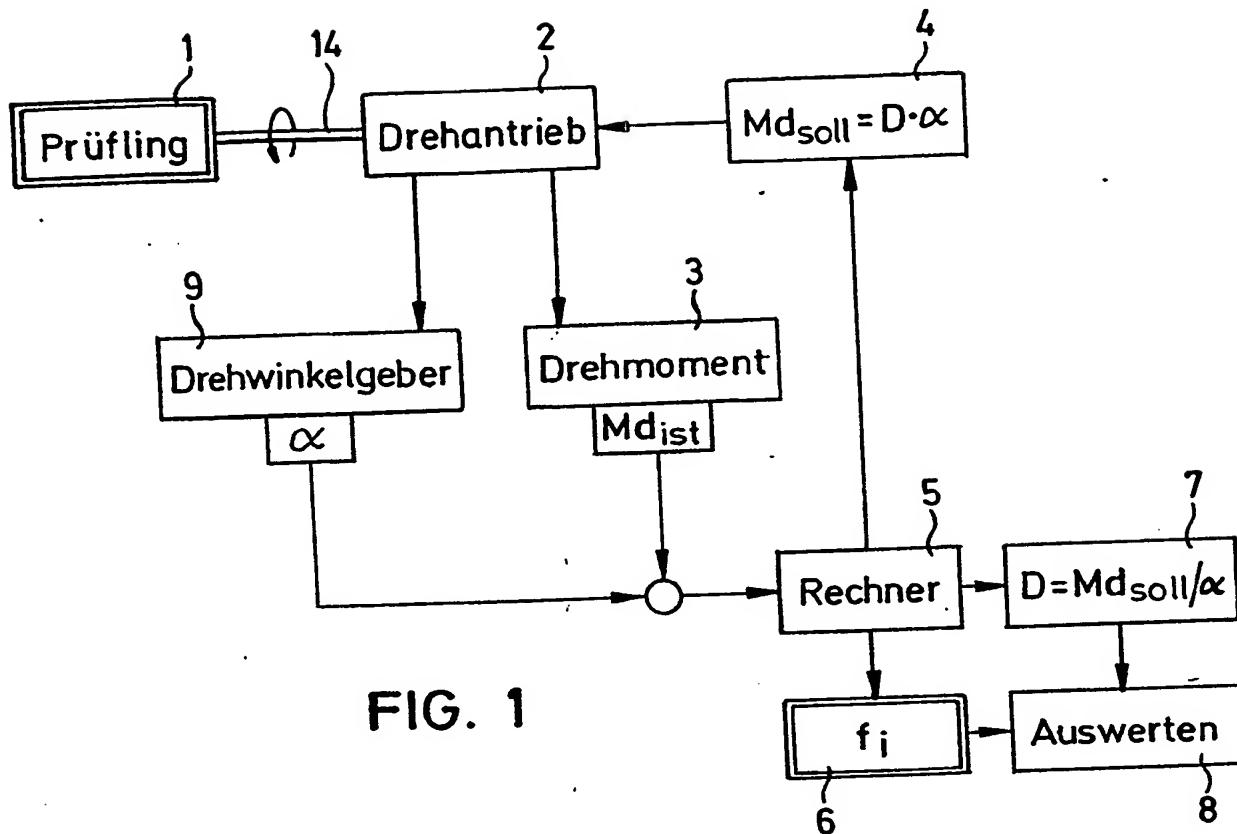


FIG. 1

BEST AVAILABLE COPY

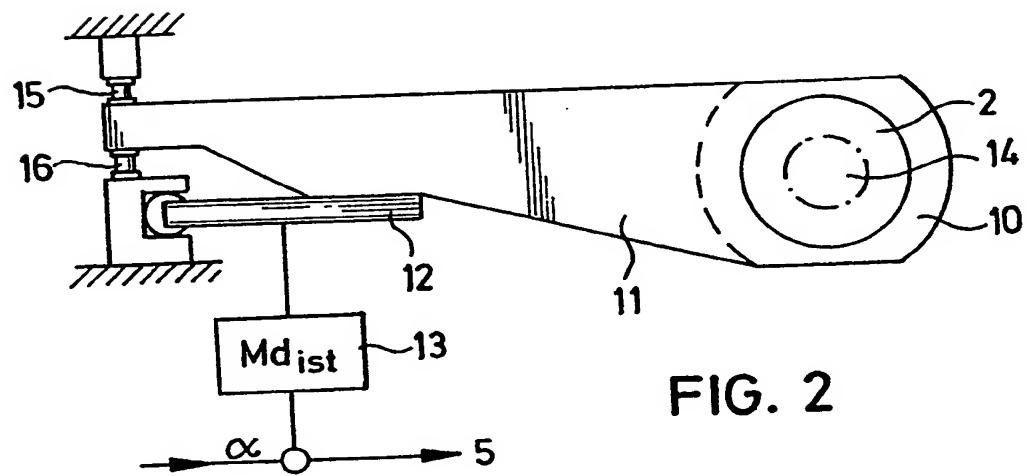


FIG. 2